



冗長マニピュレータによる高速な軌跡追従手先定速作業の動作計画に関する研究

著者	岡部 弘佑
発行年	2015
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2014
報告番号	12102甲第7292号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00125899

氏 名 (本籍)	岡邪 弘佑				
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)				
学 位 記 番 号	博 甲 第 7292 号				
学 位 授 与 年 月 斌	平成27年 3月 25日				
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当				
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科				
学位論 敵題目	冗長マニピュレータによる高速な軌跡追従手先定速作業の動作計画に関する研究				
主 査	筑波大学	准支授	博士(工学)	相山 康 退	
副 査	筑波大学	支授	Ph. D. (工学)	堀 憲之	
副 査	筑波大学	准支授	博士(情報科学)	望山 洋	
副 査	筑波大学	支授	工学博士	藪野 浩司	
副 査	中央大学	支授	工学博士	大隅 久	

論 敵 の 要 娘

本論 敵では、冗長性を考慮した、移動速度の高速化を目指した動作計画手法を提案している。定速での軌跡追従制御は、ディスプレイを用いたシーリング作業や塗装作業など、様々な自動化に用いられており、その高速化は作業のタクトタイムに直接影響する重要な要素である。従来、トルク制限および角速度制限下での最短時間制御等の研究は多く行われていたが、これらは加減速を含むため、本論 敵で扱う手先定速作業に用いることはできない。また、運動学的な冗長自由度がないマニピュレータの場合には、手先軌跡 および速度が与えられると関節角動作は一意に定まるため、即座に最高速度が定められる。冗長性を 利用することで、速度の大幅な増加を見込めるようになる。

冗長マニピュレータに対し手先軌跡を与えると、状態変政は、冗長姿勢（手先位置のみを与えた場合 の姿勢など）、冗長速度、軌跡上の位置となる。これらを軸とした冗長空間において、トルク制限、 角速度制限は禁止領域として表される。この禁止領域を 軌跡上の位置の初期点から目標点まで の定速動作が得られれば、その動作が条件を満たす動作となる。様々な初期状態変政（冗長姿勢、冗長 速度）に対し、与えられた移動速度に対する動作が存在するか探索し、徐々に移動速度を上げていく ことで、なるべく斐い定速での軌跡追従動作が求められる。また、手先の 運動軌跡の曲率が大きく変化する間と、それ以外の断区間に軌跡を分割することで、容断で高速な動作計画が 可能となる。本論 敵では平面3自由度マニピュレータに対し、手先位置軌 速を求める動作計画高速な動作加速度最小動作、トルクノルム最小動作に比べ、高速な動作が計画できる ことを示した。さらに様々なタイプの手先軌 退本方法が有効に働くことを確認している。

審 査 の 要 娘

【批評】

シーリング作業や塗装作業などロボットマニピュレータの手先速度を一定に保ちつつ、できる限り 高速化することは、作業の効率化の点から強く望まれており、重要な研究に取り組んでいる。冗長 マニピュレータの動作計画手法はこれまでも多岐行われているが、冗長加速度を考え、制御入力と することで、従来広く用いられてきた加速度最小動作、トルクノルム最小動作を包含した上で最速の 動作を求めており、有効な手法となっている。今後、姿勢を含めた軌 道への対応、多自由度の冗長性数法の確 定して追めていくことで、より実用的な手法となると思われる。

本アルゴリズムにおいて、入力は、ロボットおよびツールのモデル（ 運動力学、トルク制限、 角速度制限、関節角制限）、要求タスク（軌跡）、出力は、関節軌道（角度、角速度、角加速度）であるが、そのことはおおよそ示されてはいるが、あまり 斬確ではなく、更な

定式化には外乱が含まれているが、シミュレーションには含まれていない。この外乱項は摩擦や粘 性等を想定しているものであり、禁止領域が境界近傍で変化する程度の影響であって、特質が大きく 変化することはないため大きな問題とはならないが、ある程度の影響の大きさの検討が求められる。冗長性を表す量である冗長角度、冗長角速度に、手先速度を加えた 3 つを「状態量」と呼び、冗長 加速度を入力とした非線形の数程式（冗長角度、冗長角速度の微分関係）を「状態数程式」と読んで いる。手先位置姿勢 については手先軌 道（手先速度の積分）が

「状態量」によって、系全体の状態が示されるのは事実ではあるが、「状態量」「状態数程式」という 用語は、分野によって定義が異なり、正しく定義して用いないと混乱のもととなるため、慎重な議論 が求められる。

難区間と断区間の切り分けについては、現在手先軌跡の曲率の大きさによってのみ考慮されてい る。しかし、冗長性により回 路可能と思われるが、率に抛らず禁止領域が大きくなる可能性もあり、より詳細な検討が求められる。また、断区 間とその前後の難区間を結合して長い区間の難区間を設定するアルゴリズムについては、長くするこ とによる不利な面の考察が弱く、より多くの検討が求められる。将来的には、難区間と難区間、断区 間と断区間の接続などの 数値含は抛らない動作構築が可能とな ると思われる。

【最終試験の結果】

平成27年2月4日、システム情報工学研究科において、学位論 敵審査委員の 著者に論 敵全員いて説斬を求 によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論 敵審査ならびに最 資格を有するものと認める。